

# **Combinación de materiales didácticos y actividades de laboratorio para la enseñanza de contenidos biológicos complejos.**

## **El abordaje de los procesos de reproducción**

Eje 4. Innovaciones. Enfoques y estrategias innovadoras en la enseñanza universitaria en distintos campos de conocimiento.

Relato de experiencia pedagógica

**Barra, Rosana<sup>1</sup>**

**Bornemann, Candela<sup>2</sup>**

**Fernández, Jesica<sup>3</sup>**

**Legarralde, Teresa<sup>4</sup>**

1. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.  
Argentina. [barrarosana@gmail.com](mailto:barrarosana@gmail.com)
2. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.  
Argentina. [bornemanncandela@gmail.com](mailto:bornemanncandela@gmail.com)
3. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.  
Argentina. [jesicafernandez561@gmail.com](mailto:jesicafernandez561@gmail.com)
4. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.  
Argentina. [teresalegarralde@yahoo.com](mailto:teresalegarralde@yahoo.com)

## **RESUMEN**

En este trabajo, se relata una secuencia didáctica destinada a alumnos/as universitarios de la asignatura Biología General correspondiente al plan de estudios de los profesorado en Ciencias Biológicas, Física y Química, dependientes de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata. La propuesta didáctica, se lleva a cabo en tres sesiones de clases, abordando los procesos de reproducción, tales como el flujo de la información genética a partir de ADN, correspondiente al nivel macromolecular, los procesos de mitosis y meiosis, como mecanismos de reproducción a escala celular y culminando con la reproducción a nivel organismo. Se describen las distintas actividades realizadas en cada encuentro, las cuales están articuladas entre sí, en la búsqueda de una comprensión articulada y gradual de contenidos. El abordaje de estos conceptos se realiza a partir de modelos didácticos y actividades de laboratorio que permiten a los alumnos/as la construcción y apropiación de contenidos abstractos a partir del compromiso colectivo que requiere la generación de conocimientos como producto de la negociación de significados y el consenso de los mismos.

## **PALABRAS CLAVE:**

Estudiantes universitarios, enseñanza integral de los procesos de reproducción, secuencia didáctica, articulación entre materiales didácticos de elaboración propia y actividades de laboratorio

## **1. INTRODUCCIÓN**

Aprender ciencias requiere reconstruir en el aula los conceptos científicos. En particular la enseñanza en el campo de la Biología puede presentar dificultad a la hora de abordar diversos temas que resultan muy abstractos para los alumnos, como el caso del flujo de la información genética, el ciclo celular y la reproducción a nivel organismo, temáticas que los alumnos suelen no comprender e interiorizar en forma adecuada. En esta línea, en consonancia con Legarralde, T.; De Andrea, P, y Vilches, A. (2019), la dificultad puede atribuirse a la abstracción del tema y también a la segmentación que se realiza sobre el contenido, aspectos que pueden generar aprendizajes parciales y no integrales de ciertos tópicos. Esta realidad representa un desafío para los docentes, reto que los moviliza a pensar propuestas didácticas que resulten interesantes, motivadoras, poseedoras de un hilo conductor entre los diversos contenidos y que aspiren para sus alumnos, logros vinculados a relacionar y comprender los temas descartando el aprendizaje mecánico y memorístico. De nada sirve que los alumnos memoricen los nombres de las etapas del ciclo celular o de las enzimas implicadas en los procesos de replicación, transcripción y traducción, sino se alcanzan a construir las nociones generales que fundamentan los procesos de división celular o de la reproducción a nivel organismo, así como la importancia del flujo de la información genética, entre otros contenidos de interés que podrían describirse en este apartado. En este sentido, y considerando lo conflictiva que resulta la comprensión de temas que involucran procesos en distintas escalas o niveles de organización, se propone plantearlos de una manera integral, abordando en etapas, procesos que ocurren en diferentes niveles (macromolecular, celular y organismo o individuo); y donde cada construcción o logro de aprendizaje previo sea tomado como base para comprender el tema siguiente, mirada que además le imparte sentido a cada contenido, alcanzando de esta manera una comprensión integradora de las funciones de reproducción en los seres vivos.

Al interior del colectivo docente, se reconoce como importante y necesaria la articulación entre la teoría y la práctica como insumo de secuencias de enseñanza que pueden colaborar para que ocurran adecuados procesos de aprendizaje; importa aquí, un abordaje desde la práctica retroalimentándose de la teoría y viceversa, con la intención de alcanzar un apropiado proceso de asimilación de saberes. Es así, que “los modelos didácticos son potentes herramientas intelectuales para abordar los problemas educativos, que nos ayudan a establecer el vínculo entre lo teórico y lo práctico, que la mayoría de las veces se encuentran separadas, lo teórico haciendo referencia a lo curricular, sociológico, pedagógico, etc. y lo práctico haciendo referencia a las actuaciones de los profesores en sus aulas” (Fiore Ferrari, 2011, p.73). La construcción de éstas representaciones, presupone de la puesta en marcha por parte de los docentes de la creatividad e imaginación que Chamizo y García Franco (2010), suponen fundamental para su estructuración. Utilizar herramientas simbólicas como figuras de telgopor para representar componentes moleculares, piezas de maderas con imágenes de cromosomas, entre otros recursos, les permite a los alumnos manipularlos, experimentar con ellos y concebir modelos consensuados a partir de su puesta en debate y construir conocimiento desde su análisis. El potencial didáctico de este tipo de abordajes es rico y también impredecible ya que puede llevarnos por itinerarios no supuestos; sin embargo es de interés transitarlos teniendo siempre presente y haciendo la salvedad ante los alumnos, como expresa Gallego (2004), citado en Fiore Ferrari (2011) que “un modelo es una construcción imaginaria y arbitraria de un conjunto de objetos y fenómenos, resultando algunas

veces incompleto por hacer referencia a un sistema dinámico y complejo”, que tiene como objetivo simplificar fenómenos complejos y facilitar la comprensión de diversos temas.

Considerando lo expuesto, los objetivos de la experiencia didáctica que aquí se relata fueron:

- Desarrollar e implementar material didáctico concreto para su uso y manipulación en el aula.
- Complementar estos desarrollos con actividades de laboratorio.
- Comprender y relacionar los aprendizajes sobre el flujo de información genética, ciclo celular y reproducción a nivel organismo.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

La secuencia se desarrolla en 3 etapas consistentes en 3 sesiones de trabajo de 6 horas de clase cada una y bajo la modalidad taller. La experiencia que se relata incumbe al trabajo que se da al interior de la cátedra de Biología General, asignatura que corresponde a los planes de estudio de los profesados en Ciencias Biológicas, Física y Química, dependientes de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (Universidad Nacional de La Plata). Como patrón común para cada sesión de clase se presenta el contenido desde un marco teórico base con la utilización de la herramienta PowerPoint y animaciones en el que se discuten los aspectos más importantes del tema a trabajar. Posteriormente, los alumnos se distribuyen en cuatro equipos de trabajo acompañados por docentes tutores que guían el desarrollo de las actividades.

### **Sesión 1. El flujo de la información genética a partir del ADN**

#### **PRIMER MOMENTO**

La presente actividad tiene como objetivo la modelización por parte de los alumnos, de un nucleótido propio del ADN y otro del ARN, y debatan acerca de su organización y las diferencias entre los mismos. En este sentido, se les entrega a los estudiantes distintas figuras de telgopor que serán utilizadas para desarrollar las diferentes actividades propuestas (Figura 1A). En primer lugar, se les pide a los alumnos que identifiquen las mismas con los diferentes constituyentes de un nucleótido y posteriormente discutan sobre las características de dichas moléculas. Luego, se les propone que representen los cuatro tipos de monómeros propios del ADN para cada base nitrogenada (adenina, guanina, citosina y timina) (Figura 1B). En todo momento se realiza la sistematización de la actividad y la toma de registro con cámara fotográfica. En segundo lugar, se les propone representar una secuencia de nucleótidos de una hemicadena de ADN presentada en una guía orientadora de las actividades, para lo cual deben utilizar las figuras de telgopor. En esta instancia se trabaja el sentido de orientación de la hemicadena (3' 5'), su relación respecto a la unión del grupo fosfato con los carbonos de las pentosas (azúcares de 5 carbonos) y la ubicación de las bases nitrogenadas. Posteriormente, se construye la secuencia de bases de la hemicadena complementaria, para la cual deben tomar como insumo, lo construido en el primer momento de la secuencia didáctica respecto a la complementariedad de bases, con el fin de formar la doble hélice de ADN (Figura 1C). En este momento se realiza un breve ensayo del proceso de replicación del ADN, partiendo de una hebra original y formando así una nueva molécula de ADN. Con el objetivo de representar la transcripción del ADN (Figura 1D), se dará paso a realizar a partir de la cadena líder o adelantada, la modelización de la molécula de ARNm correspondiente, aplicando los conocimientos de los que se apropiaron en la primera instancia de la práctica. Para lograr luego, un trabajo final articulado con los distintos grupos y que se acordó previamente, asignando 2 (dos) tripletes de la cadena de ADN a cada equipo. Sobre ese segmento modelizado, y con la finalidad de simular la traducción del ARNm, se les propone a los alumnos, identificar los codones o tripletes del mismo y determinar los ARNt que intervendrán en la síntesis del polipéptido en cuestión. Por último, utilizando como recurso una copia del código genético en formato de imagen en papel, cada

grupo formará el aminoácido correspondiente a los tripletes que les fueron asignados. (Figura 2A y B). El objetivo de esta parte de la secuencia fue el desarrollo de un trabajo separado por grupos durante la primera etapa de la clase y luego se realice una puesta en común colectiva para en conjunto, formar el producto final, es decir, la secuencia de aminoácidos codificada en la secuencia de ADN inicial e hipotética, presentada a los fines de la acción didáctica. Es importante aclarar que cada aminoácido presenta una letra representativa que luego dará sentido a la secuencia final (Figura 2C).

## SEGUNDO MOMENTO

Como última instancia, partiendo de la secuencia de aminoácidos formada en el segundo momento, se lleva a cabo de modo grupal, la puesta en común respecto de las consecuencias de un error a nivel de la secuencia de bases. Se espera que los estudiantes puedan debatir acerca de posibles mutaciones y cómo éstas pueden o no afectar el sentido de la proteína original (Figura 2D). Comprender los procesos de duplicación del ADN en su escala macromolecular, servirá de base para posteriormente trabajar con los mecanismos de reproducción a nivel celular como son la mitosis y la meiosis.



Figura 1: El flujo de la información genética a partir del ADN. A) Modelización de los alumnos. B) Nucleótido. C) Hebra de ADN original y su complementaria. D) Transcripción del ADN.





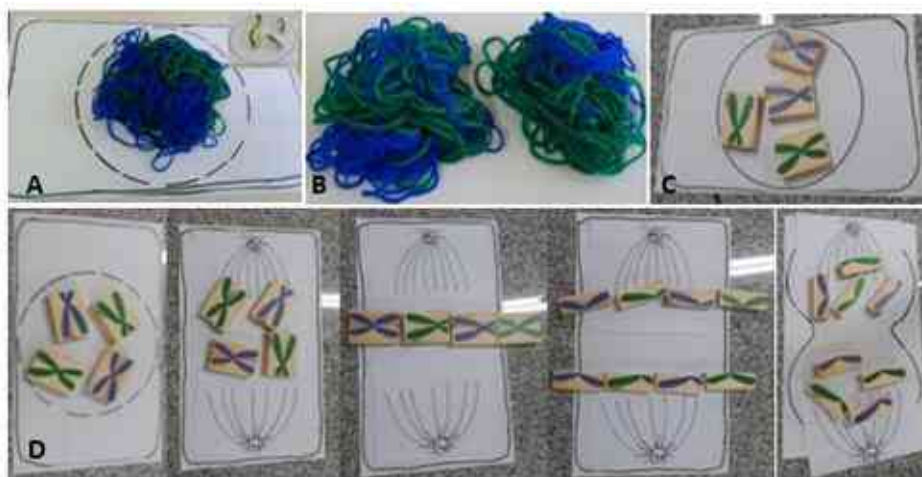
Figura 2: Síntesis de Polipéptidos. A) Cartillas que contiene el triplete, aminoácido correspondiente y su expresión, simbolizada en letras. B) aminoácido correspondiente a los tripletes. C) Puesta en común para completar toda la secuencia de AA. D) Formación de la proteína completa.

## Sesión 2. Representación del ciclo celular y observación de mitosis en ápice de raíces de cebolla

### Primer Momento

Esta actividad se realizó con el objetivo de representar el ciclo celular del genoma de una especie hipotética  $2n=4$ . Recuperando los conceptos relacionados a los procesos de duplicación del ADN, construidos en la primer clase, se les propone a los alumnos representar el modo en que se encontraría el material genético de un organismo  $2n=4$  antes del período S de la interfase y después del mismo, mediante el uso de plantillas diagramáticas que contenían el contorno de una célula (membrana plasmática) y ovillos de lana de distinto color con la finalidad de representar el estado del material genético, en forma de cromatina antes y después de la replicación (Figura 3A y 3B). Posteriormente se debate acerca de los alcances y limitaciones que tienen los modelos didácticos, ya que si bien son herramientas útiles para abordar conceptos tan complejos como los que aquí se tratan, deben trabajarse bajo un control docente, con un seguimiento que ejerza cierta vigilancia epistemológica en relación a los conceptos que se van construyendo. Particularmente, los recursos didácticos elaborados por el equipo docente de la cátedra, inspirados en Klautau-Guimarães, M.N.; Oliveira, S.; Akimoto, A.; Hiragi, C.; Barbosa, L.; Rocha, D. y Correia, A. (2008), constan de fichas de dominó, contruidos con piezas de madera de 3 cm x 5 cm, que contienen imágenes del material genético en forma de cromátidas. En esta instancia se rescatan saberes de la sesión de clase 1, en especial los que remiten al estado del material genético en forma de cromatina durante la etapa de Interfase; se estimula a los estudiantes a representar el genoma de una especie hipotética  $2n=4$  e identificar las fichas que podrían utilizarse como cromátidas hermanas para representar cromosomas duplicados (Figura 3C). Avanzando en el ciclo celular, se les propuso a los alumnos que modelicen el comportamiento de los cromosomas de este organismo  $2n=4$  durante las distintas etapas de la mitosis con ayuda de las fichas de dominó (Figura 3D). Cada momento del ciclo de vida de la célula hipotética que se representó, fue discutido y documentado a través de esquemas en las carpetas de trabajo y fotografiado, logrando secuencias que reprodujeron los acontecimientos más trascendentes de cada momento bajo análisis. Luego, se formularon y discutieron bajo la supervisión del docente asignado a cada grupo, cuestionamientos como ¿Cuál es la ploidía de las células al inicio y al final del proceso mitótico? ¿y

la carga de ADN? ¿Cómo representarías la dinámica del material genético durante las distintas etapas de la meiosis?. Siguiendo con la misma modalidad, los alumnos representaron la dinámica de todas las etapas de proceso de meiosis, registrándolo en sus carpetas y tomando fotografías para elaborar una secuencia de imágenes que reproduzca los principales sucesos de este tipo de división celular como conocimiento generado a partir del trabajo de cada equipo. Para concluir con este momento, se vuelven a plantear los mismos interrogantes formulados para la división mitótica, con la intención de que los alumnos puedan reconocer y establecer las diferencias entre mitosis y meiosis.



**Figura 3. Representación del ciclo celular. A) Material genético antes del periodo S. B) Material genético luego del periodo S. C) Representación de cromosomas duplicados. D) Etapas de la Mitosis.**

## Segundo Momento

Para complementar la secuencia del primer momento, se realiza una actividad de laboratorio que tiene como objetivo la observación de distintas etapas del proceso de división celular mitótico en el ápice de raíces de cebolla en crecimiento (Figura 4A). Para alcanzar el objetivo, se requiere un trabajo previo que consiste en colocar cebollas suspendidas en agua, con su base tocando apenas el líquido, durante tres a cuatro días, a temperatura ambiente. En este sentido se toma en consideración que las raíces son órganos que tienen un ápice en su extremo, cuyas células se dividen activamente por mitosis, aumentando su longitud con el paso del tiempo; también que la multiplicación celular en el ápice de la raíz no se produce al mismo tiempo en todas las células, por lo tanto, esto contribuye a que, cuando se montan preparados transitorios de ese tejido para microscopía, se pueden observar las diferentes etapas o estadios de la mitosis. La técnica para elaborar los preparados es simple y las observaciones pueden realizarse directamente, sin tinción, o realizando tinciones con diferentes colorantes. El procedimiento consiste en lo siguiente: Cuando las raíces alcanzan 2 o 3 cm de largo (Figura 4B), se corta con una tijera el extremo o ápice (no más de 0,2 cm). Se colocan esos trozos de raíz en un tubo de ensayos que contiene 1 ml de carmín acético. Luego se toma el tubo con un broche de madera y se calienta a la llama del mechero, unos 2 minutos (Figura 4C), retirándose del fuego por momentos, para que el líquido no hierva. Una vez efectuada la tinción de los cromosomas, se vuelca el contenido del tubo en una caja de Petri u otro recipiente poco profundo. Con la aguja de disección se toman uno a uno los ápices de raíz y se colocan sobre sus respectivos portaobjetos y a cada uno se le agrega una gota de carmín acético fresco (no calentado). Con ayuda de la punta de una aguja se trituran los extremos de la raíz. Sobre el material bien desmenuzado, se colocan los respectivos cubreobjetos, cuidando que el colorante no se seque y que no queden espacios con aire y sin líquido. Para

garantizar que las células se separen y se logre verlas, es conveniente colocar sobre el preparado un trozo de papel absorbente y presionar levemente sobre el cubreobjetos, con cuidado de no romperlo. Luego de elaborados los preparados los alumnos observan y esquematizan las distintas fases de la mitosis identificadas en los preparados (Figura 4D).

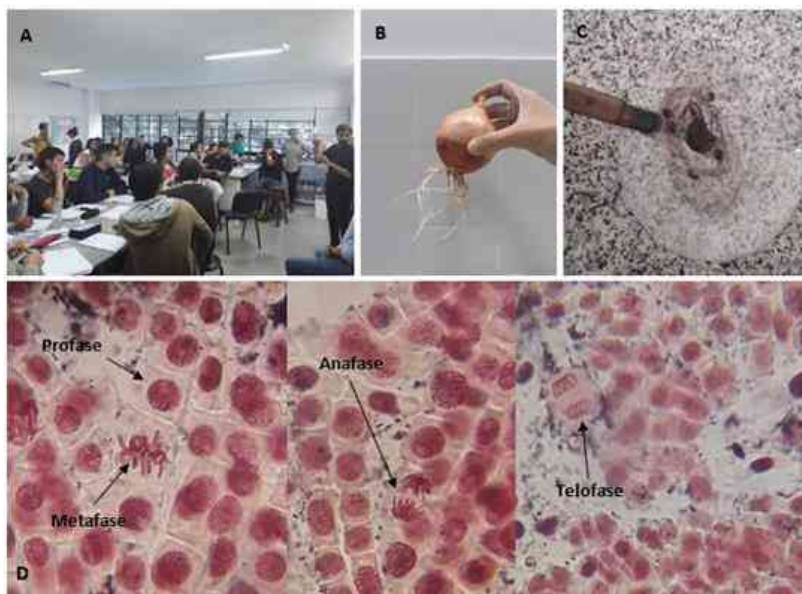


Figura 4: Observación de mitosis en ápice de raíces de cebolla. A) actividad de laboratorio. B) raíces de cebolla. C) Tinción del ápice con carmalum acético. D) Preparados de las etapas de mitosis.

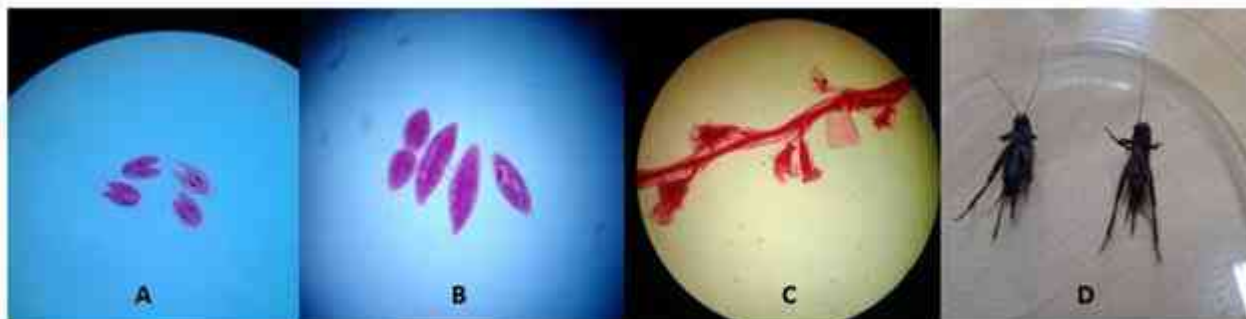
Como cierre de la actividad se realiza una puesta en común en la que se discute la importancia del proceso de replicación del ADN que subyace al proceso de división celular y que ocurre en la etapa de Interfase del Ciclo Celular, en su período S o de Síntesis.

### Sesión 3. Reproducción a nivel organismo

Retomando los contenidos abordados en las clases anteriores, sobre duplicación del ADN a nivel macrocelular, como también los conceptos de mitosis y meiosis a nivel celular, se desarrolla una última actividad de modo que se puedan articular dichos aprendizajes, junto con la presente actividad que tiene como objetivo definir y comprender la división a nivel organismo, caracterizando la reproducción sexual y asexual y algunas de sus variantes o modalidades. Para el desarrollo de la clase se les entregó a los estudiantes diferentes ejemplares de organismos en los que se presentan diversos tipos de reproducción (fisión binaria, conjugación, gemación, alternancia de generaciones) sobre los que realizaron observaciones, utilizando lupa y microscopio. Con la colaboración del docente a cargo, y utilizando como recursos las lecturas previas y el abordaje teórico realizado, se efectuó una reunión de información que se asentó en forma de cuadros y gráficos consensuados por el grupo de trabajo. Los alumnos tomaron registro de cada muestra, esquematizando e indicando los aspectos más relevantes de los diferentes tipos de reproducción. Algunas de las actividades realizadas son por ejemplo la observación y esquematización del proceso de conjugación y fisión binaria en paramecios (Figura 5 A y B); observación y esquematización de gémulas de esponjas de agua dulce y observación y esquematización de una colonia de hidrozoo que presentan alternancia de generaciones sexual y asexual o metagenesis (Figura 5C). Además, con el objeto de colaborar en la construcción del concepto de dimorfismo sexual, se realizaron observaciones con lupas del material de la colección de la cátedra correspondiente al grupo de los ortópteros, visualizando, por ejemplo, el ovopositor, órgano usado por las hembras de muchos insectos para depositar huevos (Figura 5D). Por último, se aborda el



tema de desarrollo embrionario, incorporando la observación microscópica de estadios de blástula y gástrula en anfibios, y el desarrollo postembrionario partiendo del examen de distintos tipos de desarrollo en artrópodos-(desarrollo hemimetábolo y holometábolo).



**Figura 5: Reproducción a nivel organismo. A) conjugación de paramecios. B) Fisión binaria. C) Metagénesis. D) Dimorfismo sexual.**

Finalmente, a modo de cierre de esta última etapa y de toda la secuencia didáctica por la que se transitó, se analiza en plenario la importancia de los procesos de replicación del ADN (reproducción a nivel macromolecular) que se discutió en la sesión anterior, y que subyace a los procesos de división celular mitótica y meiótica (reproducción a nivel celular). Se pone en debate también, como estos mecanismos reproductivos subyacen a su vez a los procesos y mecanismos reproductivos de distintas formas de seres vivos (reproducción a nivel organismo). Se evalúa finalmente, con los futuros profesores, el potencial o valor didáctico de diseñar propuestas de clase hiladas, situadas y articuladas en la búsqueda de caminos alternativos para la enseñanza de contenidos biológicos.

### 3. CONCLUSIONES

Recuperando lo que se expuso en este desarrollo, existen ejes conceptuales que resultan estructurantes de la disciplina y conflictivos por las problemáticas asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje debido a su naturaleza y abstracción. Pensar en actividades secuenciadas y articuladas, como las que se describen en este escrito, permite abrir paso al tratamiento de temáticas complejas en el campo de la Biología y en las aulas universitarias de ciencias. Esto, obliga a repensar el sentido del tipo de ciencia que estamos enseñando, muchas veces centrada en la idea de transmisión de contenidos y desconociendo el proceso de construcción que implica el aprender una noción o un proceso. El mundo real es extraordinariamente complejo, y para aproximarnos a enseñarlo debemos apelar a la creatividad y a la imaginación, de modo que ese conocimiento pueda ser realmente construido mediante adecuadas tipologías de adecuación y transposición didáctica, esto es, lograr la transformación del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en el aula. En este sentido, se considera una herramienta positiva el uso de modelos didácticos, entendiendo a éstos como representaciones basadas en analogías, que nos permiten entender y pensar sobre una porción contextualizada del mundo. Esta mirada permite afirmar que el abordaje de los conceptos biológicos abstractos asociados a la reproducción en los niveles macromolecular, celular y organismo desde su integración en forma gradual con aspectos de la misma que son concretos y observables, contribuye a que los estudiantes logren un aprendizaje adecuado, integrado y se apropien, durante su proceso de formación, de herramientas posibles de utilizar en su futuro quehacer docente.

Por último, los desafíos actuales de la educación en ciencias, asociados a los avances de la



ciencia y la tecnología, requiere de docentes que estén dispuestos a diseñar e implementar secuencias dinámicas, situadas y con un adecuado nivel de progresión en el avance de los contenidos seleccionados para trabajar y complejizar. En este sentido, la construcción de materiales didácticos específicos y adecuados, de fácil construcción y que puedan ser manipulados por los estudiantes, representa un camino de interés para la didáctica de la biología y un reto para los docentes que se encuentren en la búsqueda de ideas que puedan ser tomadas o adaptadas y resulten superadoras e interpielen sus prácticas.

## BIBLIOGRAFÍA

Klautau-Guimarães, M.N.; Oliveira, S.; Akimoto, A.; Hiragi, C.; Barbosa, L.; Rocha, D. y Correia, A. (2008). Combinar e recombinar com os dominos. *Genética na Escola*, 3 (2), 1-7.

Klautau, N.; Aurora, A.; Dulce, D.; Silviene, S.; Helena, H. y Correia, A. (2009). Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2267-2270. (<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2267-2270.pdf>).

Chamizo, J y García Franco, A. (2010). *Modelos y modelaje de la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México. Cap.1.(p 14-19).

Fiore Ferrari, E. (2011). *Didáctica práctica para enseñanza media y superior. Los modelos didácticos*. Grupo magro. Uruguay. Cap.5. (p 72-81).

Legarralde, T.; De Andrea, P, y Vilches, A. (2019). Algunos aspectos clave de la diversidad genética. Representaciones externas en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. *Actas X Congreso Iberoamericano de Educación Científica Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate*. Montevideo, Uruguay. <http://www.cieduc.org/2019/areas.htm>